

Entwicklung von Strategien zur Kontrolle von Lupinenblattrandkäfern (*Sitona* spp.) im integrierten und ökologischen Lupinenanbau

Development of strategies for the control of lupin weevils (*Sitona* spp.) in integrated and ecological lupin cultivation

FKZ: 14EPS005

Projektnehmer:

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Satower Straße 48, 18059 Rostock

Tel.: +49 381 498-3167

Fax: +49 381 489-3162

E-Mail: christine.struck@uni-rostock.de

Internet: www.uni-rostock.de

Autoren:

Paak, Marie-Luise; Beyer, Anna; Dieterich, Regine; Struck, Christine

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Eiweißpflanzenstrategien können sich noch Änderungen ergeben.

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:

Universität Rostock

Ausführende Stelle: Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin

Vorhabenbezeichnung: SiLu

„Entwicklung von Strategien zur Kontrolle von Lupinenblattrandkäfern (*Sitona spp.*) im integrierten und ökologischen Lupinenanbau“

Förderkennzeichen: 312-06.01-2814EPS0005

Laufzeit des Vorhabens:

01.03.2015- 28.02.2018, kostenneutral verlängert bis zum 28.02.2019

Kooperationspartner:

SAATZUCHT STEINACH GmbH & Co KG

Klockower Straße 11

17219 Bocksee

Kurzfassung

Entwicklung von Strategien zur Kontrolle von Lupinenblattrandkäfern (*Sitona* spp.) im integrierten und ökologischen Lupinenanbau

Paak, Marie-Luise¹; Beyer, Anna²; Dieterich, Regine² & Struck, Christine¹

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftlich Fakultät, Phytomedizin, Satower Str. 48, 18059 Rostock.

Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Klockower Straße 11, 17219 Bocksee.

Kontakt: christine.struck@uni-rostock.de

Das Ziel des Projekts SILU war es, Strategien zur Regulierung der Lupinenblattrandkäferarten zu erarbeiten und zur Praxisreife zu führen, die sowohl im integrierten als auch im ökologischen Landbau zur Anwendung kommen können. Dadurch soll die Anbausicherheit von Lupinen (*Lupinus angustifolius*), die durch Schäden der Lupinenblattrandkäfer (*Sitona gressorius* und *S. griseus*) stark eingeschränkt wird, verbessert werden.

In vier Versuchsjahren wurden Daten zur Blattrandkäferaktivität sowie den auftretenden Schäden in Lupinen gesammelt. Aus den Sammeldaten wurde ein Entscheidungshilfemodell (SIMSILU) entwickelt, welches erstmals einen optimierten Behandlungszeitpunkt zur Bekämpfung der Käfer definiert. Der richtige Zeitpunkt der Insektizidapplikation ist die Grundlage für eine effektive Kontrolle der Blattrandkäfer. In zukünftigen Versuchen wird das Modell erprobt, dabei werden unterschiedliche Insektizide getestet, u.a. biologische Präparate. In Fütterungsversuchen unter Laborbedingungen konnte gezeigt werden, dass NeemAzal eine Fertilitätseinschränkende Wirkung auf *S. gressorius* hat. In Freilandversuchen muss diese Wirkung bestätigt werden.

Development of strategies for the control of lupin weevils (*Sitona* spp.) in integrated and ecological lupin cultivation

Paak, Marie-Luise¹; Beyer, Anna²; Dieterich, Regine² & Struck, Christine¹

University of Rostock, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Group Crop Health, 18059 Rostock.

Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Klockower Straße 11, 17219 Bocksee.

Contact: christine.struck@uni-rostock.de

The aim of the project SILU was to develop strategies for the regulation of lupin weevil species, which can be applied in both integrated and organic farming, and to bring them to practical use. This should improve the cultivation reliability of lupins (*Lupinus angustifolius*), which is severely restricted by damage to the lupin weevils (*Sitona gressorius* and *S. griseus*).

In four experimental years, data on leaf beetle activity and damage in lupins were collected. From the collected data, a decision support model (SIMSILU) was developed, which for the first time defines an optimised treatment time for the control of the beetles. The correct time of insecticide application is the basis for an effective control of the weevils. In future experiments, the model will be tested with different insecticides including biological substances. Feeding trials under laboratory conditions have shown that NeemAzal has a fertility restricting effect on *S. gressorius*. This effect must be confirmed by field trials.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis..... | 4 |
| Tabellenverzeichnis | 4 |
| 1 Einleitung..... | 5 |
| 1.1Gegenstand des Vorhabens | 5 |
| 1.2Ziele und Aufgabenstellung..... | 6 |
| 1.3Planung und Ablauf des Projektes | 6 |
| 2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde..... | 7 |
| 3. Material und Methoden | 8 |
| 3.1AP 1- Entscheidungshilfesystem | 8 |
| 3.1.1 AP 1.1 - Erfassung der Flugaktivität..... | 8 |
| 3.1.2 AP 1.2 - Überwinterungsbedingungen für <i>S. gressorius</i> und <i>S. griseus</i> | 9 |
| 3.1.3 AP 1.3 – Insektizidversuch | 9 |
| 3.2AP 2- Bekämpfungsschwellen | 10 |
| 3.3AP 3 – Wirksamkeitsprüfung NeemAzal- T/S | 10 |
| 3.4AP 4 - Ökologische Regulierungsvarianten | 12 |
| 4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse..... | 13 |
| 4.1Entscheidungshilfesystem | 13 |
| 4.2Bekämpfungsschwellen..... | 16 |
| 4.3Wirksamkeitsprüfung von NeemAzal..... | 17 |
| 4.4Ökologische Regulierungsvarianten..... | 18 |
| 5. Diskussion der Ergebnisse | 20 |
| 6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse | 23 |
| 7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den erreichten Zielen | 23 |
| 8. Zusammenfassung..... | 24 |
| 9. Literaturverzeichnis..... | 24 |
| 10. Veröffentlichungen der Projektteilnehmer | 26 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Relative Aktivität der Lupinenblatttrandkäfer (% Sitona) sowie Befallshäufigkeit an den Blättern (BH Pflanze) und Wurzeln (BH Wurzel) in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums der Lupinenpflanzen (BBCH-Stadium) | 14 |
| Abb. 2: Modellierte Käferaktivität in Abhängigkeit zur Temperatursumme auf Grundlage der Bodenfalleninhalte von 6 Standorten mit je 25 Boden-fallen aus dem Versuchsjahr 2017 | 14 |
| Abb. 3: Boxplotdarstellung der Wurzelschäden in Abhängigkeit der Käferaktivität..... | 15 |
| Abb. 4: Modell zur Käferaktivität in Abhän-gigkeit zur Temperatur | 15 |
| Abb. 5: Ertragsdaten des Insektizidversuchs der Jahre 2016 und 2017 | 16 |
| Abb. 6: Ertrag der Lupinensamen pro 10 Pflanzen | 16 |
| Abb. 7: TKG der Lupinensamen pro 10 Pflanzen | 16 |
| Abb. 8: Oviposition von <i>S. gressorius</i> bei drei verschiedenen Tag/Nacht Temperaturen, (N = 120 Tiere, die Werte zwischen 8°C/15°C und 12°C/20 °C unterscheiden sich signifikant, Wilcoxon-Rangsummentest, $P < 0.05$)..... | 17 |
| Abb. 9: Dauer des Larvenschlupfes bei <i>S. gressorius</i> bei zwei verschiedenen Temperaturen. Die Werte zwischen 8°C/15°C und 12°C/20 °C unterscheiden sich signifikant (Wilcoxon-Rangsummentest), $P < 0.05$)..... | 18 |
| Abb. 10 Anzahl geschlüpfter Larven aus dem No-Choice-Test 2018 | 18 |
| Abb. 11: No-Choice-Test 2018, Anzahl gelegter Eier | 18 |
| Abb. 12: Mittelwerte der Anzahl der Blatt- und Wurzelfraßstellen im Versuch mit unterschiedlichen Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln | 19 |
| Abb. 13: Ertragsdaten des Trap-cropping-Versuches..... | 20 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Standorte der Praxis schläge 2015-2018 | 8 |
| Tabelle 2: Mesokosmenversuche 2015-2017..... | 9 |
| Tabelle 3: Anbaudaten und Spritztermine Insektizidversuch (2016 und 2017) | 10 |
| Tabelle 4: Behandlungsvarianten der biologischen Regulierungsmaßnahmen | 12 |
| Tabelle 5: Versuchsvarianten des Trap-cropping-Verfahrens..... | 13 |

1 Einleitung

Leguminosen gehören nicht nur im ökologischen Landbau zu wichtigen Fruchtfolgegliedern. Sie sind in der Lage Luftstickstoff zu fixieren und erhöhen dadurch auf natürlichem Weg die Bodenfruchtbarkeit und stellen einen wertvollen Faktor in der Fruchtfolge dar (Böhm 2009, Zander et al. 2016). Die Süßlupinen haben unter den einheimischen Körnerleguminosen den höchsten Eiweißgehalt und besitzen zudem eine sehr hohe Wertigkeit des Proteins. Weiterhin stellen die Süßlupinen eine alternative zu Sojaimporten dar und finden Verwendung sowohl in der Tier- als auch in der Humanernährung (Lucas et al. 2015).

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Mit der Ausweitung des Lupinenanbaus in Nord-Ost Deutschland wurde die bislang wenig beachtete Schädkäferproblematik in den Vordergrund gerückt. Die Ertragssicherheit des Lupinenanbaus ist durch das Auftreten der Blattrandkäferarten *Sitona gressorius* und *S. griseus* stark beeinträchtigt. Zu diesen beiden Käferarten gibt es bislang wenig Literatur mit agronomischem Bezug. Die Käfer kommen ausschließlich in Europa im Lupinenanbau vor. Dabei sind insbesondere die Schmalblättrige sogen. Blaue Lupinen (*L. angustifolius*) und auch die Weiße Lupinen (*L. albus*) spezifische Wirtspflanzen der Blattrandkäfer (Ströcker et al. 2013). Zudem bevorzugen die Käfer leichte und sandige Böden, welche auch vornehmlich für den Lupinenanbau genutzt werden.

Die Käfer fliegen im Frühjahr aus ihren Winterquartieren auf die Lupinenschläge ein. Dort fressen sie an den noch jungen Pflanzen und verursachen an den Blatträndern den typischen u-förmigen Buchtenfraß. Meist können die Pflanzen diesen Schaden gut kompensieren, aber in befallsstarken Jahren werden auch ganze Pflanzen abgefressen. Im Verlauf des Frühjahrs erfolgt die Paarung und Eiablage, wobei die Eier wahllos abgelegt und an die Wurzeln gespült werden, wo sich die Larven entwickeln. Diese fressen an den Wurzelknöllchen und höhlen sie von innen aus. Direkte Ertragsschäden von bis zu 40% entstehen durch die gestörte Wasser- und Nährstoffaufnahme an der Wurzel (Ströcker et al. 2011). Zum anderen dienen die Fraßstellen als Eintrittspforten für bodenbürtige Pilze, welche u.a. zu Wurzel- und Stängelfäule führen. Ebenso wird der hohe Vorfruchtwert der Lupine gemindert, da Wurzelknöllchen zerstört und die Stickstoffnachlieferung verringert ist.

Im konventionellen Anbau ist ein zweimaliger Insektizideinsatz zugelassen, jedoch fehlen bislang Kenntnisse über einen geeigneten Behandlungstermin. Im ökologischen Anbau bzw. auf ökologischen Vorrangflächen gibt es derzeit keine geeigneten Regulierungsmaßnahmen.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes war es, Strategien zur Regulierung der Lupinenblattrandkäferarten zu erarbeiten und zur Praxisreife zu führen, die sowohl im integrierten als auch im ökologischen Landbau zur Anwendung kommen können. Dadurch soll die Anbausicherheit von Lupinen (*Lupinus angustifolius*), die durch Schäden der Lupinenblattrandkäfer (*S. gressorius* und *S. griseus*) stark eingeschränkt wird, verbessert werden.

Um eine gezielte Kontrolle der Käfer zu erreichen, müssen geeignete Termine für Regulierungsmaßnahmen erkannt werden. Hierzu soll ein Entscheidungshilfesystem (SIMSILU) erarbeitet sowie Bekämpfungsschwellen definiert werden. Ein wichtiges Element des Projektes ist es daher, Daten zur Biologie der Käferarten zu ermitteln, die als Grundlage für die Modellierung der Prognosen für das Auftreten der Käfer im Frühjahr sowie der Erstellung von Bekämpfungsschwellen dienen. Darüber hinaus sollen in Gewächshaus- bzw. Laborversuchen Wirksamkeitsprüfungen des biologischen Wirkstoffs NeemAzal-T/S durchgeführt werden, deren Ergebnisse im dritten Projektjahr in Freilandversuche münden. Des Weiteren sollen in Feldversuchen verschiedene ökologische Regulierungsvarianten getestet werden. Dabei werden naturstoffliche Substanzen zur Anwendung kommen; außerdem wird ein „Trap-cropping-Verfahren“ untersucht, bei dem eine Mantelsaat mit attraktiven Sorten die Käfer von den Lupinen der anbaustarken Hauptkultur fernhält.

Mit dem geplanten Projekt soll ein Beitrag zur Ausweitung und Optimierung des Anbaus von Leguminosen in Deutschland geleistet werden, indem die Produktivität des Lupinenanbaus durch eine verbesserte Pflanzenschutzsituation gestärkt wird. Durch eine optimierte Strategie zur Regulierung der Käfer mit gezielten Bekämpfungsmöglichkeiten wird sich die Anbausicherheit von Lupinen verbessern. Somit wird eine wichtige Grundlage für die Erweiterung des Lupinenanbaus geschaffen und damit auch eine Voraussetzung für weitere züchterische Verbesserungen gesetzt.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die Planung des Projektes sah in erster Linie Freilandversuche vor, z.T. auf Praxisschlägen. Wegen schwieriger Wetterbedingungen (hohe Niederschläge 2017, extreme Trockenheit 2018) und unerwarteten Veränderungen im Versuchsablauf durch die betroffenen Landwirte (Praxisschlag mit anderer Lupinenart bestellt, 2016; Lupinen auf einem Versuchsfeld nicht aufgelaufen, 2018) ist die Datenaufnahme nicht immer optimal gelaufen. Die erhobenen Daten wurden an den Unterauftragnehmer ZEPP, Bad Kreuznach, geschickt und dort verrechnet.

Die Projektbearbeiterin in Rostock ist von Januar 2017 bis Januar 2018 im Mutterschutz gewesen. In dieser Zeit wurden nicht alle Versuche planmäßig durchgeführt. Stattdessen konnte durch eine kostenneutrale Verlängerung der Projektdauer bis zum 28. Februar 2019 ein weiteres Anbaujahr für

die Datenerhebung genutzt werden und so zur erfolgreichen Modellierung des Entscheidungshilfemodells beitragen.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Gattung der Blattrandkäfer (*Sitona*) gehört zur artenreichsten Käferfamilie, den Rüsselkäfern (Curculionidae). Die *Sitona*-Arten ernähren sich ausschließlich von Leguminosen, wobei meist eine starke Wirtsspezialisierung vorliegt. Viele treten als Schädlinge an Kulturpflanzen in Erscheinung, so auch die Lupinenblattrandkäfer *Sitona gressorius* und *S. griseus*. Beide Arten ernähren sich im Adult- wie im Larvalstadium überwiegend von Lupinen (*Lupinus* spp., Andersen 1938, Schnell 1954, Velázquez de Castro et al. 2007). Die adulten Tiere migrieren im Frühjahr aus dem Winterlager auf die Lupinenfelder, wo sie an den Blättern der Pflanzen fressen – ein Schaden, der zunächst kaum auffällt. Die Eiablage – jedes weibliche Tier legt mehrere hundert Eier – findet in der Umgebung der Pflanzen statt. Die Käferlarven entwickeln sich unterirdisch und hier entsteht der Hauptschaden: die Larven suchen gezielt die stickstoffassimilierenden Wurzelknöllchen auf und zerstören diese durch Fraß (Andersen 1938). Der daraus resultierende Schaden verursacht erhebliche Ertragsverluste (Silva & de Oliveira 1959; Wysocki 1982; Kaufmann et al. 2011). Zudem bieten Fraßschäden an der Wurzel Eintrittspforten für bodenbürtige Phytopathogene (Hatcher 1995). Ein Befall mit Schadpilzen wie *Pythium* spec., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spec., *Thielaviopsis* spec., *Sclerotinia* spec. verursacht so zusätzliche Schäden (Thalmann et al. 2008, Thalmann & Struck 2008)). Das Hauptvorkommen der *Sitona*-Käfer liegt auf warmen, trockenen Standorten (Vankosky et al. 2011). In Deutschland wurden die Käfer in allen Ländern nachgewiesen; besonders betroffen sind die Hauptanbaugebiete der Lupinen in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt (Ströcker & Struck 2012). Hier ist es in den vergangenen Jahren regelmäßig zu starkem Befall gekommen, vereinzelt auch zu Massenvermehrungen (Römer 2007).

Die Möglichkeiten zur Kontrolle der Lupinenblattrandkäfer sind bislang sehr beschränkt. Im konventionellen Anbau ist derzeit nur ein Insektizid (Wirkstoff lambda-Cyhalothrin) mit einer zweimaligen Anwendung pro Jahr zugelassen (BVL, Zugelassene Pflanzenschutzmittel). Dazu fehlt es an spezifischen Daten zum Überwinterungs- und Migrationsverhalten der Tiere, ebenso wie zum quantitativen Zusammenhang zwischen Schädlingsbesatz und Kornertrag. Ohne konkrete Strategien, die zu einer gezielten Pflanzenschutzmittelapplikation führen, wie die Anwendung von Bekämpfungsschwellen und/oder computerbasierten Entscheidungshilfen, kann keine sichere und effiziente Bekämpfung erreicht werden. Arbeiten zur Kontrolle der Käfer gibt es bislang nicht. Lediglich in Polen ist eine Arbeit zum Gemengeanbau Lupinen/Sommertriticale im Zusammenhang mit dem Schadkäferbefall publiziert worden, in der gezeigt wurde, dass der Käferbefall im Mischanbau reduziert war verglichen mit dem Lupinenreinanbau (Hurej et al. 2013).

3. Material und Methoden

3.1 AP 1- Entscheidungshilfesystem

Mit dem Entscheidungshilfemodell sollte ein Prognoseverfahren zur besseren zeitlichen Erfassung des Bekämpfungstermins erarbeitet werden. Dazu sind Daten zur Käferaktivität im Frühjahr und Fraßschäden an Blättern und Wurzeln unerlässlich.

3.1.1 AP 1.1 - Erfassung der Flugaktivität

Um den Beginn der Käferaktivität zu dokumentieren, wurden in allen Versuchsjahren Praxisschläge in MV, BB und ST aus dem Demonstrationsnetzwerk der LfA-MV, sowie Standorte der Saatzucht Steinach und der Universität Rostock, ausgewählt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Standorte der Praxisschläge 2015-2018

| Betrieb | Bundesland | Bewirtschaftung |
|---|------------|-----------------|
| Universität Rostock | MV | konventionell |
| Saatzucht Steinach Zuchtgarten, Bocksee | MV | konventionell |
| Biohof Ritzleben | ST | ökologisch |
| LVAT Groß Kreutz e. V. | BB | konventionell |
| Fläming-Farm e.G. | BB | konventionell |
| Landwirtschaftsgesellschaft Arendsee GmbH | ST | konventionell |
| Vipperow Agrar Verwaltungs-GmbH, Priborn | MV | konventionell |
| Saatzucht Steinach, Standort Ballin | MV | konventionell |
| Erzeugerzusammenschluss Fürstenhof | MV | ökologisch |
| Landwirtschafts-GmbH Petschow | MV | konventionell |
| Dabergotz Agrar GmbH | BB | konventionell |
| Landwirtschaftsbetrieb Grebe | MV | konventionell |
| Beerfelder Hof | BB | ökologisch |
| Landwirtschaftsbetrieb Dietmar Henze | MV | konventionell |

In den Jahren 2015 und 2016 wurden zum Fangen der Käfer u.a. Fensterfallen verwendet. Diese haben sich, aufgrund der geringen Fangzahlen, nicht bewährt. In den folgenden Jahren wurden daher 25 Bodenfallen je Standort verwendet. Die Fallen wurden unmittelbar nach der Lupinenaussaat aufgestellt, um den Beginn des Käferauftretens sicher zu Erfassen. Die Leerung erfolgte zweimal wöchentlich durch Herrn G. Schmitt (Unterauftragnehmer). Der Sammelzeitraum erstreckte sich über 6-8 Wochen. Zu jedem Termin wurden außerdem das Entwicklungsstadium der Pflanzen bestimmt und Fraßschäden an den obersten Blättern erfasst. Die morphologische Bestimmung der Käferarten und

die Bonitur der Fraßschäden an den Wurzeln erfolgten im Anschluss im Labor der Uni Rostock per Binokular. Für die weitere Auswertung und die Modellberechnung wurden die Daten an die ZEPP, Bad Kreuznach, (Unterauftragnehmer) geschickt.

3.1.2 AP 1.2 - Überwinterungsbedingungen für *S. gressorius* und *S. griseus*

In den Versuchsjahren 2015-2017 wurden jeweils im Herbst Mesokosmenversuche angelegt, um Kenntnisse über die Winterlager der Käfer zu erhalten. Im Herbst 2015 wurden dazu die Standorte Rostock, Bocksee und Bad Kreuznach ausgewählt, um unterschiedliche Temperaturbedingungen vergleichen zu können (Tabelle 2).

Tabelle 2: Mesokosmenversuche 2015-2017

| Standort | Anzahl Töpfe | <i>S. gressorius</i> / Topf | <i>S. griseus</i> / Topf |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| Rostock | 9 | 30 | 10 |
| Bad Kreuznach | 9 | 25 | 15 |
| Saatzucht Steinach, Bocksee | 3 | 25 | 15 |

Jeder Mesokosmos bestand aus einem Pflanzkübel (Ø 56 cm), welcher in den Boden eingegraben wurde. In der Mitte jedes Topfes befand sich ein mit Gaze bespannter Metallrahmen mit einer Kunststoffdose, in der sich die gefangenen Tiere sammeln und die Flugbereitschaft anzeigen. In Rostock und Bad Kreuznach wurden je drei Töpfe mit Laub, Klee-Gras und ausdauernder Lupine (*Lupinus polyphyllus*) bestückt. In Bocksee wurde jeweils nur eine Variante angelegt. Zusätzlich wurden an jedem Standort Datenlogger zur Temperaturdokumentation in 5 cm Tiefe in die Mesokosmen eingegraben.

Ab Februar wurde regelmäßig kontrolliert: ob Käfer erscheinen, die Flugaktivität sowie die Überlebensrate der Käfer in Zusammenhang mit der Temperatur. Bis in das Frühjahr ist jedoch kein Käfer in die Kopfdosen gelangt und ein Muster für das Verlassen des Winterlagers ist in keinem Versuchsjahr zu erkennen gewesen. Eine Auswertung dieses Versuches erschien daher nicht möglich.

3.1.3 AP 1.3 – Insektizidversuch

Als begleitende Maßnahme zur Erhebung biologischer Daten zur Überwinterung, Beginn der Flugaktivität im Frühjahr und Zeitpunkt des höchsten Käferaufkommens wurde ein zweijährig durchgeführter Spritzversuch angelegt (Tabelle 3). Als Insektizid wurde das zugelassene Mittel mit dem Wirkstoff lambda-Cyhalothrin „Karate Zeon“ eingesetzt.

Die Blattbonitur wurde 2016 an drei Terminen durchgeführt (8., 16., 24. Juni). Innerhalb dieser 16 Tage konnten nur sehr geringe Änderungen in der Anzahl der Fraßstellen dokumentiert werden, weshalb im

zweiten Versuchsjahr die Bonitur nur einmalig durchgeführt wurde. Der Versuch wurde in 11 m² großen Parzellen, in viermaliger Wiederholung, randomisiert angelegt. In jeder Parzelle wurden 30 Pflanzen mit einem nummerierten Etikett versehen und zum Boniturdatum auf Fraßstellen untersucht.

Tabelle 3: Anbaudaten und Spritztermine Insektizidversuch (2016 und 2017)

| | 2016 | 2017 |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sorte | Boregine | |
| Drilltermin | 1.April | 30.März |
| Standort | Zuchtgarten Bocksee NSO 3 | Zuchtgarten Bocksee NSO 4 |
| Beizmittel | Smaragd Clothianidin | |
| Insektizid | Karate Zeon | |
| Aufwandmenge | 75ml/ha | |
| Spritztermine | Karate 1 BBCH 30 | Karate 1 BBCH 23 |
| | Karate 2 BBCH 50 | Karate 2 BBCH 30 |
| | Karate 3 BBCH 65 | Karate 3 BBCH 61 |
| | Karate 4 BBCH 50&65 | Karate 4 BBCH 30&61 |
| Erntetermin | 28. Juli | 1. August |

3.2 AP 2- Bekämpfungsschwellen

In den Versuchsjahren 2015-2017 wurden auf dem Gelände der Universität Rostock Mesokosmenversuche durchgeführt. Dabei wurden jeweils 20 Töpfe mit vorgekeimten Lupinenpflanzen bestückt (10 Pflanzen/Topf), mit Gaze abgedeckt und mit unterschiedlichen Anzahlen von Käfern (0, 3, 5, 7, 10, 30) besetzt. Die Variante mit 30 Käfern/Topf wurde nur im ersten Jahr durchgeführt, weil die Fraßschäden zu groß waren und nach zwei Wochen keine Blattmasse mehr vorhanden war.

In allen Mesokosmen wurden zweimal wöchentlich das BBCH-Stadium erfasst und die Fraßschäden bonitiert. Die Pflanzen wurden im August geerntet und die Anzahl Hülsen pro Pflanze, die Anzahl Samen pro Hülse, sowie das TKG erfasst.

3.3 AP 3 – Wirksamkeitsprüfung NeemAzal- T/S

Die Wirksamkeitsprüfung von NeemAzal T/S fand sowohl in Gewächshaus- als auch in Freilandversuchen statt. Versuchstiere dazu wurden nach der Lupinenernte per Hand aus dem Erntegut abgesammelt und in perforierten Kunststoffboxen gehalten.

Futterwahlversuche

In einem Arenaversuch wurde die repellente Wirkung von NeemAzal T/S mit dem Wirkstoff Azadirachtin auf die Arten *S. gressorius* und *S. griseus* in Futterwahl- (Choice-Test) bzw. Fütterungsversuchen (No-choice-Test) untersucht. Dazu wurde der Versuchsaufbau aus einem früheren Projekt (Förderkennzeichen 511-06.01-28-1-43.008-07, „Identifikation der Signalfunktion von Sekundärmetaboliten und Selektion auf ein günstiges Inhaltsstoffspektrum am Beispiel des Wirt/Erreger-Komplexes Lupine/Blattrandkäfer“) verwendet und weiterentwickelt. Für die Versuche wurden im Gewächshaus gezogene Lupinenpflanzen verwendet und mit einer 0.5%igen NeemAzal T/S Lösung gespritzt.

Jeweils ein Käfer wurde pro Versuchsarena platziert und verblieb dort für 12 Stunden. Bei dem Choice-Test wurde jedem Tier sowohl ein Fiederblatt einer unbehandelten Lupinenpflanze als auch eines mit NeemAzal T/S gespritztes Fiederblatt zum Fraß angeboten. Im No-Choice-Test stand dem Tier jeweils nur eine der beiden Varianten zur Verfügung. Insgesamt wurden 32 Futterwahl- und 28 Fütterungsversuche durchgeführt. Im Anschluss an jeden Versuch, wurden die Fraßstellen an den einzelnen Fiederblättern ausgezählt und ausgewertet.

Temperaturabhängigkeit der Oviposition

Bei den im Labor gehaltenen *S. gressorius*, zeigte sich im Spätsommer nach dem Sammeln eine deutlich ausgeprägte Präovipositionsphase, d.h. die Tiere zeigten kein Paarungsverhalten und weibliche Tiere legten keine Eier. Um dieses zu überprüfen und auch den Stimulus zu prüfen, den die Tiere benötigen, um Eier zu legen, wurde ein Versuch angelegt, mit dem der Einfluss der Temperatur auf die Eiablage geprüft werden sollte. Es wurden je 12 Boxen mit 6 weiblichen und 4 männlichen Tieren bestückt und einem Tag/Nacht-Rhythmus von 11 Stunden Licht und 13 Stunden Dunkelheit (winterliche Bedingungen) ausgesetzt. Drei verschiedene Temperaturen wurden parallel untersucht: 4°C/8°C; 8°C/15°C und 12°C/20°C (Nacht/Tag). Insgesamt waren also 120 Käfer in dem Versuch. Die Käfer wurden seit dem Sammelzeitpunkt im August bis zum Beginn dieses Versuchs bei 4 °C und Dunkelheit gehalten. Das Experiment startete am 25. Oktober 2017 und dauerte 56 Tage. Die Eiablage wurde alle 2 bis 3 Tage überprüft. Wenn Eier entdeckt wurden, wurden diese auf Wasseragar (1.5 %ig)-Petrischalen überführt und beobachtet, ob die Eier fertil waren bzw. ob Larven schlüpften.

Fertilitätseinschränkende Wirkung von NeemAzal-T/S auf *S. gressorius*

In einem Labor-Fütterungsversuch wurde die fertilitätseinschränkende Wirkung von NeemAzal T/S auf *S. gressorius* getestet. Dazu wurden in 30 Boxen je ein weibliches und ein männliches Tier gehalten. Die Käfer bekamen entweder ein unbehandelte Blätter oder mit NeemAzal (0,5%ig) behandelte Blätter zum fressen. Nach sieben Tagen bekamen alle Tiere unbehandelte Blätter angeboten und die Eiablage

wurde dokumentiert. Dazu wurden alle drei Tage die gelegten Eier gezählt, aus den Kunststoffboxen abgesammelt und auf Petrischalen mit Wasseragar gesammelt. Dabei wurde festgehalten ob die Eier befruchtet (schwarz) oder unbefruchtet (gelb) waren. Im Anschluss wurde der Larvenschlupf aus diesen Eiern über vier Wochen beobachtet.

3.4 AP 4 - Ökologische Regulierungsvarianten

Biologische Bekämpfungsmaßnahmen

In einer dreijährigen randomisierten Parzellenprüfung in vierfacher Wiederholung wurden unterschiedliche Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmittel geprüft (Tabelle 4).

Tabelle 4: Behandlungsvarianten der biologischen Regulierungsmaßnahmen

| Nr | Versuchsglied | Aufwandmenge | Beschreibung |
|----|--------------------------------|-------------------------------|---|
| 1 | Kontrolle | - | - |
| 2 | Karate Zeon | 75ml/ha | Insektizid, Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin |
| 3 | Mykorrhiza | 500kg/ha | Bodenhilfsstoff, Endomykorrhizapilz |
| 4 | <i>Trichoderma</i> | 5g/2kg | Bodenhilfsstoff, Trichoderma-Pilz |
| 5 | Naturalis | 1l/ha | Biologisches Insektizid, <i>Beauveria bassiana</i> , Stamm ATCC 74040 |
| 6 | BroadBand | 2,5l/ha | Biologisches Insektizid, <i>Beauveria bassiana</i> , Stamm PPRI5339 |
| 7 | Spruzit | 10l/ha | Biologisches Insektizid, Wirkstoff Pyrethrum |
| 8 | <i>Steinernema carpocapsae</i> | 500.000 Einheiten je Parzelle | Biologischer Pflanzenschutz, Nematoden |
| 9 | <i>Steinernema feltiae</i> | 500.000 Einheiten je Parzelle | Biologischer Pflanzenschutz, Nematoden |
| 10 | <i>Steinernema kraussii</i> | 500.000 Einheiten je Parzelle | Biologischer Pflanzenschutz, Nematoden |
| 11 | TMTD | 4ml/kg | Saatgutbeize, Wirkstoff Thiram |
| 12 | Smaragd | 4ml/kg | Saatgutbeize, Wirkstoff Clothianidin |

Trap-cropping-Verfahren

Das Verfahren des Trap-cropping wurde ebenfalls dreijährig durchgeführt. Für den Versuch wurden unterschiedliche Kombinationen zwischen Hauptkultur und Fangpflanze getestet (Tabelle 5). Außerdem wurden einige Varianten zusätzlich noch durch ein biologisches Insektizid behandelt. Nr. 1 und Nr. 6 sollen als Kontrollvariante angesehen werden. Geerntet wurde nur die Hauptsorte und die Fangpflanzen wurden nach der Blüte abgemulcht. Im ersten Versuchsjahr wurden die Insektizidvarianten nur einmalig behandelt. Im zweiten und dritten Jahr wurde die Behandlung zweimalig durchgeführt.

Die Fangpflanzen wurden in einem 6m breiten Streifen um ein 15x15m großes Feld der Hauptsorte angesät. Aus dem vorangegangenen Käferprojekt (FKZ: 2814300807) ging hervor, dass

bestimmte Sorten der schmalblättrigen Lupine leicht bevorzugt vom Blattrandkäfer angefliegen und angefressen werden. Zwei der attraktivsten Sorten waren Azuro (Bitterlupine) und Vitabor (Süßlupine). Demzufolge scheint der Alkaloidgehalt auf das Fraßverhalten keinen Einfluss zu haben. Auf dieser Grundlage wurden die beiden Sorten als Fangpflanzen ausgewählt. Als Hauptkultur dienten die ertragsstarken Sorten Boregine und Mirabor. Aufgrund der Größe der Versuchsanlage konnten keine Wiederholungen im jeweiligen Versuchsjahr angelegt werden.

Tabelle 5: Versuchsvarianten des Trap-cropping-Verfahrens

| Nr | Hauptsorte | Fangpflanze | Behandlung | Bezeichnung |
|----|------------|-------------|------------|----------------------------|
| 1 | Boregine | Boregine | Keine | Boregine |
| 2 | Boregine | Azuro | Keine | Boregine (Azuro) |
| 3 | Boregine | Vitabor | Keine | Boregine (Vitabor) |
| 4 | Boregine | Azuro | Spruzit | Boregine (Azuro Spruzit) |
| 5 | Boregine | Vitabor | Spruzit | Boregine (Vitabor Spruzit) |
| 6 | Mirabor | Mirabor | Keine | Mirabor |
| 7 | Mirabor | Azuro | Keine | Mirabor (Azuro) |
| 8 | Mirabor | Vitabor | Keine | Mirabor (Vitabor) |
| 9 | Mirabor | Azuro | Spruzit | Mirabor (Azuro Spruzit) |
| 10 | Mirabor | Vitabor | Spruzit | Mirabor (Vitabor Spruzit) |

4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Entscheidungshilfesystem

Auf allen untersuchten Standorten wurden in jedem Sammelzeitraum von 2015-2018 Lupinenblattrandkäfer gefunden. Die Zahl der auftretenden Käfer schwankte dabei erheblich. Auf den Standorten in Mecklenburg-Vorpommern traten durchschnittlich weniger Käfer auf, als an den südlicheren Standorten in Sachsen-Anhalt und Brandenburg. Aus allen Sammeldaten von 2015-2018 konnte die Abhängigkeit des Fraßschadens an Lupinenpflanzen von der Käferaktivität berechnet werden.

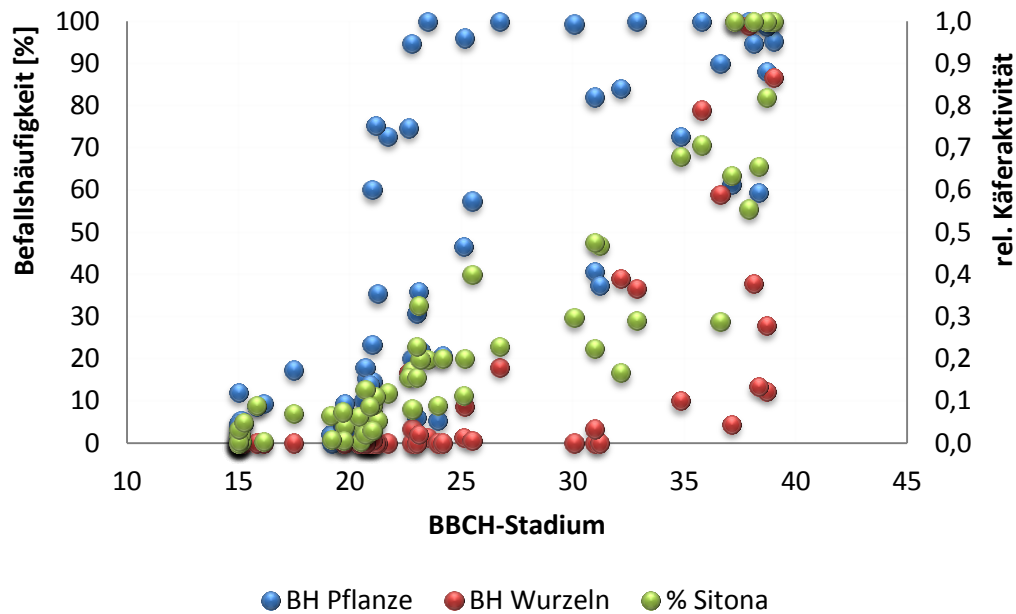


Abb. 1: Relative Aktivität der Lupinenblatttrandkäfer (% Sitona) sowie Befallshäufigkeit an den Blättern (BH Pflanze) und Wurzeln (BH Wurzel) in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums der Lupinenpflanzen (BBCH-Stadium)

Die relative Käferaktivität (Abb. 1) bezieht sich dabei auf die Gesamtanzahl der gesammelten Käfer in den Bodenfallen. Es zeigt sich, dass bereits kurz nach dem Auflaufen der Lupinen die ersten Käfer aktiv sind und Fraßschäden an den Blättern, teilweise bereits an den Keimblättern, verursachen. Dabei treten sowohl *S. gressorius* und *S. griseus* auf. Im weiteren Verlauf nehmen die oberirdischen Fraßschäden zu und bis zu 100% der Pflanzen weisen Schäden an den Blättern auf. Ebenso werden auch die Wurzeln der Lupinen durch die Käferlarven geschädigt und auch hier weisen bis zu 100% der Wurzeln Fraßschäden auf.

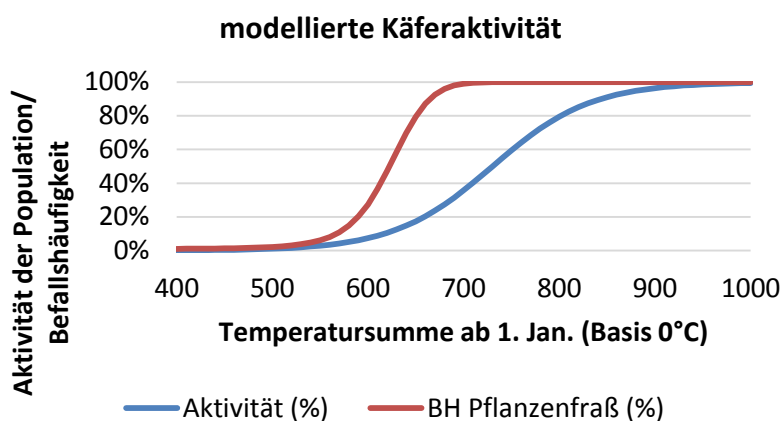


Abb. 2: Modellerte Käferaktivität in Abhängigkeit zur Temperatursumme auf Grundlage der Bodenfalleninhalte von 6 Standorten mit je 25 Boden-fallen aus dem Versuchsjahr 2017

Aus den Inhalten der Bodenfallen von 2017 konnte die Aktivität der Käfer in Abhängigkeit von der Temperatursumme modelliert werden (Abb. 2). Die Temperatursumme wurde ab dem Schwellenwert von 0°C berechnet. Weiterhin wurde der oberirdische Fraßschaden mit der Temperatursumme

korreliert. Daraus lässt sich erkennen, dass es bereits bei geringer Käferaktivität zu hohen Fraßschäden an den Pflanzen kommt.

Auch ein Zusammenhang zwischen der Käferaktivität und auftretenden Wurzelschäden konnte erstellt werden (Abb. 3). Deutlich erkennbar ist, dass Wurzelschäden sehr frühzeitig auftreten, noch bevor ein Großteil der Population aktiv ist. Bei einer Käferaktivität von 20 % nehmen Wurzelschäden allerdings deutlich zu. Dieser Wert kann als ein möglicher Schwellenwert für einen zukünftigen Behandlungszeitpunkt dienen.

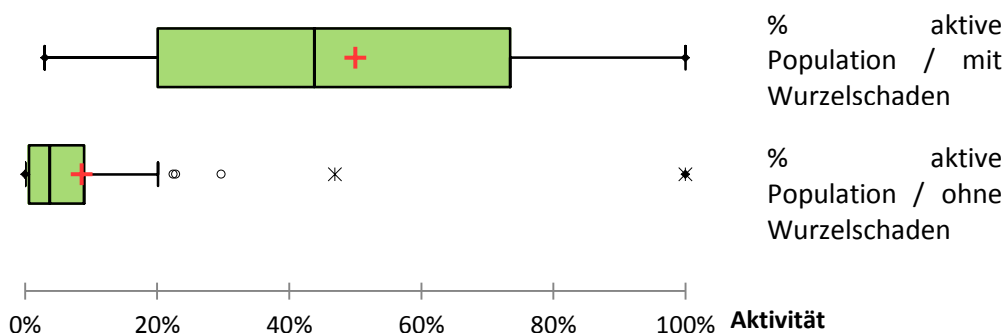


Abb. 3: Boxplotdarstellung der Wurzelschäden in Abhängigkeit der Käferaktivität

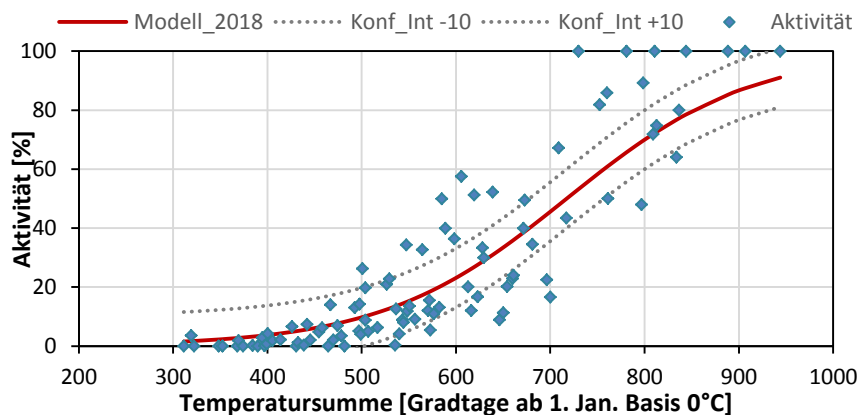


Abb. 4: Modell zur Käferaktivität in Abhängigkeit zur Temperatur

Aus allen Sammeldaten von 2015-2018 konnte ein Modell zur Aktivität von *S. gressorius* und *S. griseus* erstellt werden (Abb. 4). Die ersten Käfer werden demnach bei einer Temperatursumme von etwa 300°C (ab 1. Jan.) aktiv. Der zuvor beschriebene mögliche Bekämpfungszeitpunkt von 20% Käferaktivität wird bei einer Temperatursumme von ca. 580°C erreicht. Er bietet zum ersten Mal einen Anhaltspunkt für Landwirte die Lupinenblattrandkäufer wirksam zu regulieren und Wurzelschäden zu vermeiden. Dieser Wert muss durch weitere Praxisversuche validiert und gegebenenfalls angepasst werden.

Insektizidversuch

Die Blatt- und Wurzelboniturergebnisse der Insektizidversuche von 2016 und 2017 zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen (nicht dargestellt). 2016 waren insgesamt weniger Fraßstellen an den Blättern zu erkennen als im Jahr 2017. Im Gegensatz dazu sind die Wurzelschäden im Vergleich zu 2017 höher.

Auch die Ertragsdaten aus beiden Versuchsjahren zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten (Abb. 5). Lediglich 2016 zeigt die Beizvariante einen höheren Ertrag als die anderen Varianten. Dieser Effekt konnte aber 2017 nicht bestätigt werden.

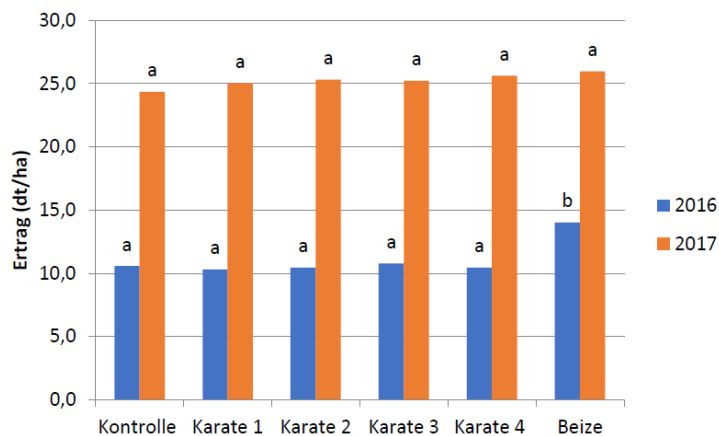


Abb. 5: Ertragsdaten des Insektizidversuchs der Jahre 2016 und 2017

4.2 Bekämpfungsschwellen

Der Käferbefall hat einen deutlichen Einfluss auf den Ertrag der Lupinen (Abb. 6, Abb. 7). In dem Topfversuch konnte gezeigt werden, dass bereits ein geringer Käferbefall zu Verlusten der Erntemenge aber auch zur Reduzierung des TKG führt.

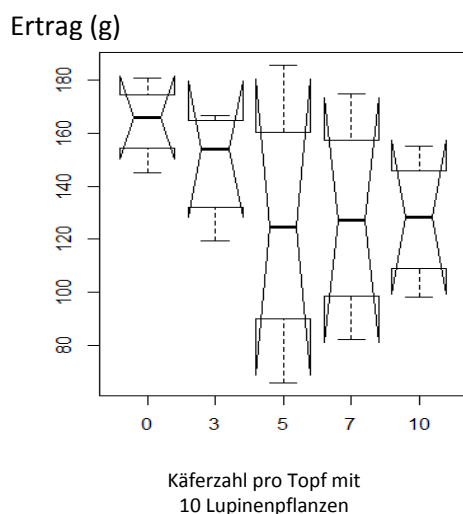


Abb. 6: Ertrag der Lupinensamen pro 10 Pflanzen

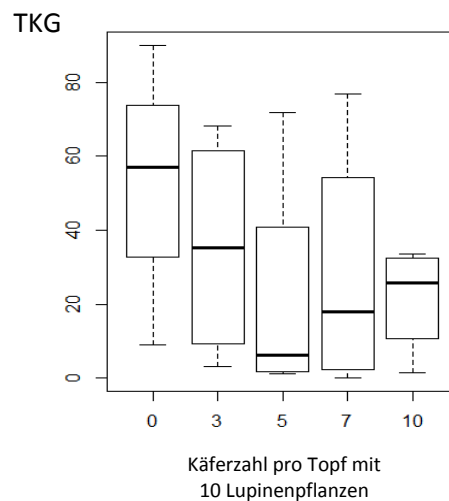


Abb. 7: TKG der Lupinensamen pro 10 Pflanzen

4.3 Wirksamkeitsprüfung von NeemAzal

Futterwahlversuche

Die Ergebnisse des Choice- und No-Choice-Test zeigten, dass von dem Wirkstoff NeemAzal keine repellente Wirkung auf die Lupinenblattrandrüßler ausging. Die Tiere fraßen in beiden Versuchen sowohl an behandelten, als auch an unbehandelten Fiederblättern (nicht dargestellt). Durch diese Vorversuche konnte sichergestellt werden, dass *S. gressorius* und *S. griseus* den Wirkstoff aufnehmen und eine fertilitätseinschränkende Wirkung überprüft werden kann.

Temperaturabhängigkeit der Oviposition

Weitere Vorversuche waren nötig, um optimale Bedingungen für die Versuche zur Wirksamkeit von NeemAzal zu erreichen. Deutlich zeigte sich, dass die Temperatur einen erheblichen Einfluss auf die Oviposition hat (Abb. 8). Bei 8°C Tagestemperatur wurden über die gesamte Dauer des Versuchs keine Eier abgelegt. Bei 15 °C Tagestemperatur wurden 36 Eier gelegt, davon waren 14 fertil. Bei 20 °C Tagestemperatur wurden 507 Eier gelegt, davon waren 12 nicht fertil.

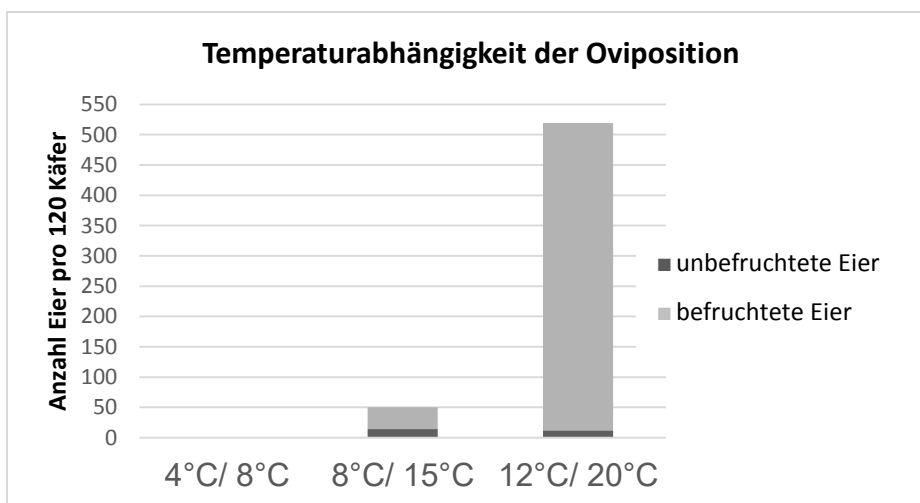


Abb. 8: Oviposition von *S. gressorius* bei drei verschiedenen Tag/Nacht Temperaturen, (N = 120 Tiere, die Werte zwischen 8°C/15°C und 12°C/20 °C unterscheiden sich signifikant, Wilcoxon-Rangsummen-test, $P < 0.05$).

Der Zeitraum zwischen Eiablage und Larvenschlupf unterschied sich ebenfalls. Während bei einer Tagestemperatur von 15 °C bis zum Larvenschlupf durchschnittlich 26,2 Tage vergingen, dauerte diese Zeit bei 20 °C nur durchschnittlich 14,5 Tage (Abb. 9). Die Temperatur hat einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Käferpopulation.

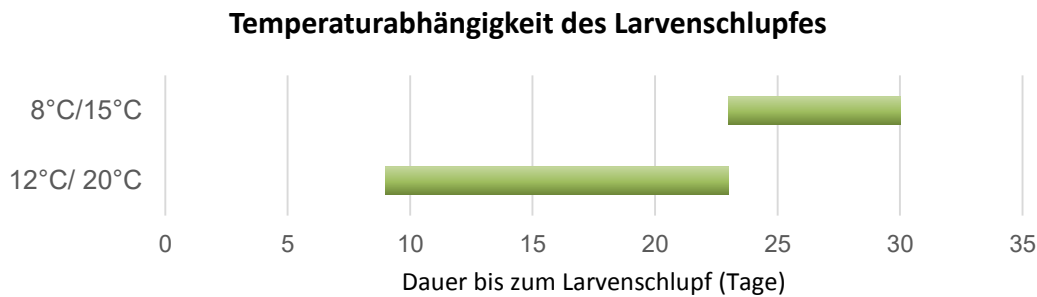


Abb. 9: Dauer des Larvenschlupfes bei *S. gressorius* bei zwei verschiedenen Temperaturen. Die Werte zwischen 8°C/15°C und 12°C/20 °C unterscheiden sich signifikant (Wilcoxon-Rangsummentest), $P < 0.05$)

Fütterungsversuch zur fertilitätseischränkende Wirkung von NeemAzal T/S

Die Laborversuche haben gezeigt, dass NeemAzal eine Reduzierung der gelegten Eier bewirkt (Abb. 10). Käfer, die unbehandelte Blätter angeboten bekamen, legten deutlich mehr Eier. Der Larvenschlupf der unter NeemAzal-Einfluss gelegten Eier war hingegen nicht beeinträchtigt (Abb. 11).

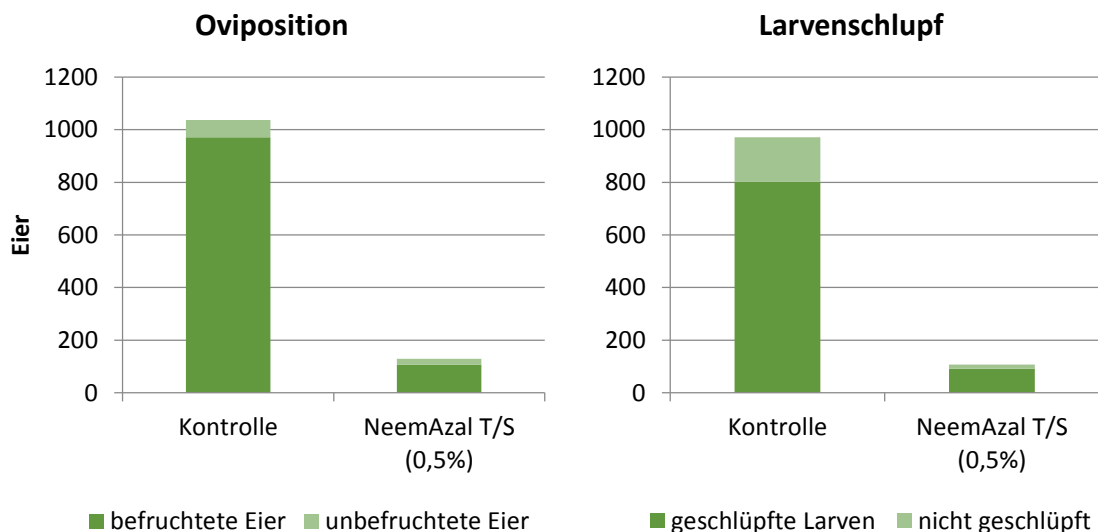


Abb. 100: No-Choice-Test 2018, Anzahl gelegter Eier von 18 Käfern mit und ohne NeemAzal gefüttert wurden

Abb. 11 Anzahl geschlüpfter Larven aus dem No-Choice-Test 2018

Diese Daten wurden in einem einmaligen Versuch unter Laborbedingungen gewonnen. Daher sollte in weiteren Freilandversuchen die Wirksamkeit von NeemAzal unter Praxisbedingungen getestet. Die bisher gewonnen Daten lassen die Annahme zu, dass sich NeemAzal als wirksames Mittel zur Regulierung der Blattrandkäfer im (ökologischen) Lupinenanbau eignen könnte.

4.4 Ökologische Regulierungsvarianten

Biologische Bekämpfungsmaßnahmen

Neben den Ertragsparametern wurden für die in Tabelle 4 aufgeführten Regulierungsvarianten die Schäden durch den Käfer an Blatt und Wurzel dokumentiert (Abb. 12). Die Blattbonituren ergaben,

dass die Variante mit der Nematodenart *Steinernema kraussei* einen geringeren Fraß an den Blättern aufwies als die Kontrolle. Hinsichtlich des Wurzelfraßes konnte keine der Behandlungsvarianten weniger Fraßstellen aufweisen als die Kontrollvariante.

Die Ertragsdaten zeigten keine signifikanten Veränderungen zwischen den Varianten. Lediglich die Variante mit der insektiziden Smaragd Saatgutbeizung, die derzeit für die Praxis nicht zugelassen ist, wies einen leicht höheren Ertrag auf, als die unbehandelte Kontrolle und die anderen Varianten (nicht dargestellt).

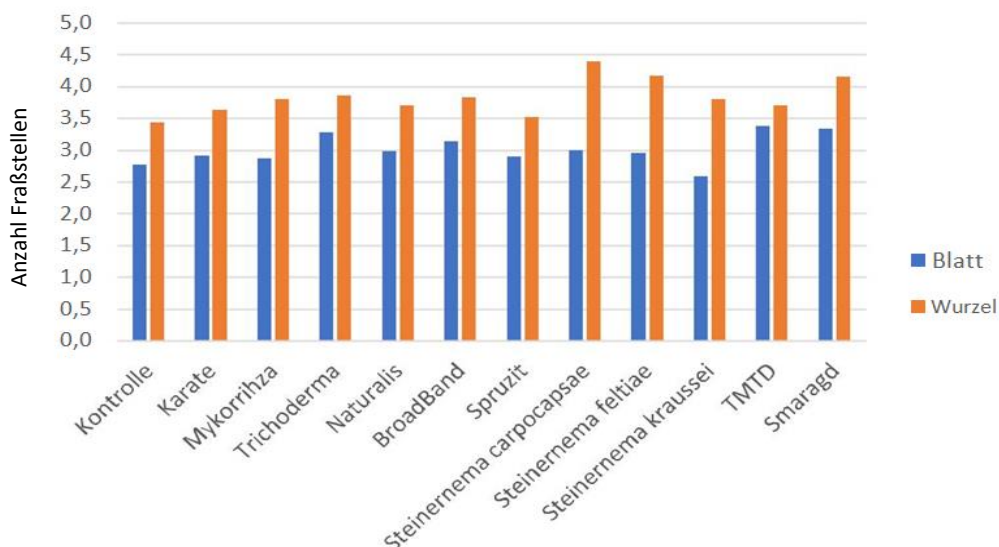


Abb. 11: Mittelwerte der Anzahl der Blatt- und Wurzelfraßstellen im Versuch mit unterschiedlichen Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln

Trap-cropping-Versuch

Die Auswertung des Trap-cropping Versuches zeigte, dass verglichen mit den Kontrollen die Varianten mit den Fangpflanzen keine höheren Erträge erbrachten (Abb. 13). Auch in der Kombination mit Insektiziden konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

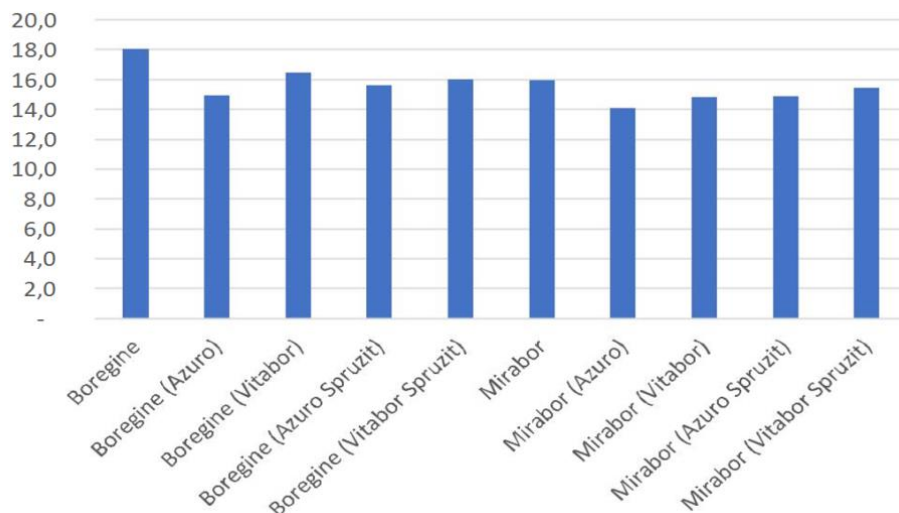


Abb. 12: Ertragsdaten des Trap-cropping-Versuches

Die Kontrollvarianten erzielten jeweils den höchsten Ertrag, der niedrigste Ertrag konnte für die Variante mit Azuro als Fangpflanze dokumentiert werden. Da die Versuchsglieder direkt aneinander angelegt wurden, muss beachtet werden, dass der Käferzuflug möglicherweise beeinflusst wurde. Die Versuchsglieder, die sich am Feldrand befanden, könnten vom Käferbefall stärker frequentiert worden sein, als die Versuchsglieder (Kontrollvarianten) zur Feldmitte hin. Da der Versuch auch nicht mittig im Feld platziert werden konnte, könnte der Befall je nach Zuflugsrichtung unbeabsichtigt beeinflusst worden sein. Den Versuchsaufbau im Freiland so anzulegen, dass von allen Seiten ein Käferzuflug ermöglicht werden kann, war aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich.

5. Diskussion der Ergebnisse

Mit dem **AP1** sollte ein Entscheidungshilfemodell entwickelt werden, mit dem der optimale Zeitpunkt zur Bekämpfung der Blattrandkäfer prognostiziert werden kann. Mit vergleichbaren Modellen werden bereits zahlreiche Krankheiten und Schädlinge in der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Praxis kontrolliert (Racca et al. 2011). Grundlage vieler Modelle ist der jeweils spezifische Zusammenhang zwischen Witterung, Entwicklungsstadium der Wirtspflanzen und Erstauftreten der Schaderreger. Daher sind einerseits Wetterdaten, andererseits Daten zur Biologie der entsprechenden Schaderreger entscheidend für die Entwicklung und Funktion eines erfolgreichen Modells. So wurde z.B. an verschiedenen Arten der Gattung *Sitona* gezeigt, dass sie sich hinsichtlich ihrer Flugbereitschaft in Abhängigkeit der Temperatur erheblich unterscheiden (Stein & Rezwani 1973). Für die Modellierung mussten Daten zur Aktivität der Tiere sowie des Schadens erhoben werden. In allen Versuchsjahren war festzustellen, dass die Befallsstärke mit Lupinenblattrandkäfern von Norden (M-V) nach Süden (BB und ST) zunimmt. Dies lässt sich damit begründen, dass die Lupinen häufig auf sehr leichten und

sandigen Böden angebaut werden, welche besonders in Brandenburg und Sachsen-Anhalt zu finden sind. Dazu kommt, dass sich diese Regionen schneller erwärmen und die Käfer hier bessere Bedingungen vorfinden. Insgesamt zeigte sich, dass es bereits sehr frühzeitig und bei einer geringen Zahl aktiver Käfer zu erheblichen Fraßschäden an den Pflanzen kommt. Somit ist auch bei schwachem Auftreten der Käfer mit Ertragsausfällen zu rechnen.

In beiden Versuchsjahren sind klare Jahreseffekte zu verzeichnen. 2016 war insgesamt wärmer als im langjährigen Mittel und deutlich trockener. Das Jahr 2017 zeichnete sich hingegen durch viele Niederschläge und geringere Sonnenscheindauer aus. Insgesamt konnte aus den Daten der 2015 bis 2018 ein Modell entwickelt werden, dass in der Vegetationsperiode 2019 an den Standorten Bocksee und Rostock für eine Käferbekämpfung in der Praxis erprobt werden soll.

Die Spritztermine der Insektizidversuche während der Projektlaufzeit wurden aus Erfahrungswerten bestimmt, die Ergebnisse erbrachten keine Ertragssteigerung gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Ähnliche Ergebnisse ergaben auch Bekämpfungsversuche des Erbsenblattrandkäfers (Seidenglanz et al. 2010). Mit den neuen Erkenntnissen aus dem Prognosemodell, gewonnen aus den Daten der Flug- und Fraßaktivität der Tiere kann in zukünftigen Versuchen ein geeigneterer Behandlungstermin bestimmt werden, sodass der gezieltere Insektizideinsatz einen größeren Effekt auf die Erträge hat.

AP2 Bekämpfungsschwellen: Um eine definierte Käferanzahl pro Variante zu gewährleisten, wurden die Lupinen in Töpfe gepflanzt und mit Gaze abgedeckt. Dies hatte zur Folge, dass die Pflanzen durch die Gaze beschattet wurden und sich auch ein anderes Mikroklima innerhalb der Gaze entwickelte. Zudem wurde das Auftreten von anderen Schadinsekten wie Blattläusen und Schnecken begünstigt. Weiterhin führten starke Regenfälle zu Staunässe in den Töpfen. Diese Faktoren wirkten sich auf den Ertrag und das TKG aus, so dass es zu erheblichen Schwankungen der Werte kam. Eine Bekämpfungsschwelle für den Insektizideinsatz in der Praxis kann aus diesen Daten nicht definiert werden. Ähnliche Versuche mit abgedeckten Pflanzen haben Lohaus & Vidal (2010) im Feld durchgeführt, um Hinweise auf Erträge von Erbsen nach Befall mit Erbsenblattrandkäfern zu erhalten. Auch bei diesen Arbeiten sind erhebliche Schwankungen zwischen den Jahren aufgetreten, konnten aber weitgehend durch die größere Fläche im Freiland ausgeglichen werden.

AP3 NeemAzal-T/S-Versuche: Um eine Verwendung des Bioinsektizids NeemAzal-T/S als Bekämpfungsmittel in Betracht zu ziehen, musste zunächst geklärt werden, ob die Käfer behandelte Blätter fressen oder ob der Wirkstoff repellent oder fraßhemmend wirkt. Letzteres hätte einen nur sehr kurzfristigen Effekt zur Folge, da der Wirkstoff rasch abgebaut wird. Die vielfältige insektizide Wirkungen sind oft beschrieben worden (s.a. Reviews: Isman 2006, Campos et al. 2016). Unsere Ergebnisse zeigen eine Störung der Fekundität der weiblichen Tiere, die Eiablage war erheblich

reduziert. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch in Laborversuchen für andere Rüsselkäfer (Reineke & Hauck 2012). Feldversuche im Jahr 2019 an zwei Standorten werden zeigen, ob NeemAzal-T/S in der Praxis erfolgsversprechend eingesetzt werden kann.

AP4 Ökologische Regulierungsvarianten: Der Einsatz von Pilzpräparaten zur Verbesserung der Bodenstruktur (Mykorrhiza und Trichoderma) zielte auf den Effekt ab, die Wurzelgesundheit so lange wie möglich zu erhalten und Schäden durch bodenbürtige Pilzkrankheiten zu unterdrücken, ein Effekt, der in verschiedenen Pflanzensystemen beobachtet werden konnte (Avis et al. 2008, Zachow 2016, French 2017, Saravanakumar et al. 2017). Dieser Effekt konnte im Ertrag und Proteingehalt der Lupinen nicht bestätigt werden.

Beauveria bassiana ist ein insektenpathogener Pilz. Durch die Aufnahme der Pilzsporen in den Käfer, sollen die Blattrandkäfer von dem Pilz befallen werden und absterben (Hirsch & Reineke 2014) oder das Fressen an behandelten Blättern einstellen (Rondot & Reineke 2017). Die zwei unterschiedlichen Stämme (Naturalis, BroadBand), die in diesem Projekt getestet wurden, konnten den Blatt- und Wurzelfraß nicht verhindern. Auch der Ertrag und der Proteingehalt konnten nicht gesteigert werden. Das biologische Insektizid mit dem Wirkstoff Pyrethrum (Spruzit) konnte ebenfalls keinen deutlichen Unterschied im Blatt- und Wurzelfraß sowie im Ertrag und im Proteingehalt erzielen.

Um die im Boden wachsenden Larven zu bekämpfen, wurden unterschiedliche Nematodenarten eingesetzt. Diese werden bereits wirkungsvoll bei anderen Rüsselkäferarten eingesetzt (Ansari et al. 2008, Haukeland & Lola-Luz 2010). Die Ausbringung der Nematoden erfordert eine feuchte Witterung, damit sie direkt in den Boden eingespült werden können. Auf dem leichten Sandboden in Bocksee könnte die Wirkung der Nematoden durch die Witterung negativ beeinflusst worden sein, wenn sie nicht tief genug in den Boden gelangt sind. Innerhalb der Nematodenvarianten gab es Unterschiede in der Anzahl der Fraßstellen. Die Variante mit *Steinernema kraussei* wurde oberirdisch weniger vom Blattrandkäfer angefressen als die Kontrolle. Allerdings hatte dies keinen Einfluss auf einen höheren Ertrag bzw. Proteingehalt.

Als Kontrollvarianten dienten Prüfglieder mit gebeiztem Saatgut. Die TMTD Beize enthält als Wirkstoff Thiram (Fungizid) sollte die Wurzelgesundheit erhalten. Smaragd ist eine insektizide Beize und sollte den Fraß an Blättern und Wurzel verringern. Die Beize mit der insektiziden Wirkung hatte einen positiven Effekt auf den Ertrag, obwohl der Blatt- und Wurzelfraß nicht maßgeblich gegenüber der Kontrolle reduziert war.

Die Auswahl an biologischen Bekämpfungsstrategien in diesem Projekt war sehr vielfältig. Jedoch konnten die Parameter Ertrag und Proteingehalt nicht verbessert werden. Die Nutzung von Beizmitteln scheint eine geeignete Variante zur Blattrandkäferbekämpfung darzustellen (Seidenglanz et al. 2004,

Rotrekl & Cejtchaml 2008). Durch die systemische Verteilung des Wirkstoffes könnten Blätter und Wurzeln geschützt werden. Außerdem ist die Wirksamkeit weniger von Witterungsbedingungen beeinträchtigt und die Behandlung des Saatgutes vor der Aussaat erspart den Einsatz von Feldspritzungen. Feldspritzungen sind abhängig von Witterung und Bodenbefahrbarkeit, somit kann der optimale Spritzzeitpunkt durch Regen verpasst werden.

Ein weiterer Ansatz zur biologischen Regulierung der Käfer stellte der Anbau von Fangpflanzen dar. Bei dem sogen. Trap-Cropping-Verfahren sollen Schadtiere von attraktiven Pflanzen angelockt werden und somit die Kulturpflanzen weniger schädigen (Shelton & Badenes-Perez 2006). Die Wahl unterschiedlicher Drilltermine und unterschiedlich schnell reifender Sorten bzw. unterschiedlich attraktiver Pflanzen könnten einen weiteren Ansatzpunkt für die Bekämpfung des Blattrandkäfers bieten (Cook & Pickett 2007, Parker et al. 2016). Keine der Varianten mit verschiedenen Sorten von *L. angustifolius* hat einen Effekt auf den Käferbefall gezeigt.

6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Zwei der beschriebenen Arbeitspakete führten zu weiteren Arbeiten mit Prüfungen für die Anwendung in der Praxis. In diesem Jahr wird eine Vorversion des Entscheidungshilfemodells SIMSILU auf Praxistauglichkeit an zwei Standorten überprüft und erneut evaluiert. Nach der Fertigstellung des Modells wird es beim Kooperationspartner Saatzucht Steinach, Bocksee, in die Anbauberatung aufgenommen und an betroffene Landwirte weiter kommuniziert werden. Durch die Möglichkeit einer effektiveren Bekämpfung der Blattrandkäfer kann der Lupinenanbau für Landwirte wieder attraktiver werden.

Die Ergebnisse, die mit dem biologischen Wirkstoff NeemAzal-T/S im Labor erzielt wurden, lassen eine gute Wirksamkeit auch im Freiland erwarten. Daher werden weitere Versuche durchgeführt, um das Mittel bis zu einer Zulassung für die Anwendung in Lupinen zu bringen.

7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den erreichten Zielen

Unser Projekt basierte auf vier „Säulen“, die jeweils als Arbeitspakete behandelt wurden: i) Entscheidungshilfesystem, ii) Bekämpfungsschwellen, iii) Wirksamkeitsprüfung NeemAzal-T/S, iv) Ökologische Regulierungsvarianten.

Zwei der Arbeitspakete sind erfolgreich verlaufen und werden derzeit weiter verfolgt: das Entscheidungshilfesystem und die Wirksamkeitsprüfung NeemAzal-T/S (s.o. Kap. 5, 6).

Mit unserem Versuchsansatz konnten wir keine befriedigenden Ergebnisse zur Bekämpfungsschwelle erarbeiten. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist hier nur vorstellbar,

langjährige Versuche im Feld durchzuführen, um über das Blattfraßbild eine Bekämpfungsschwelle zu beschreiben, da die Käfer weitgehend unsichtbar bleiben.

Ebenso erwiesen sich die gewählten ökologischen Regulierungsvarianten als keine geeigneten Lösungen zur Kontrolle der Lupinenblattrandkäfer. Mit der Kenntnis des optimalen Bekämpfungszeitpunkts über das Entscheidungshilfesystem könnte dieser Ansatz nochmals aufgegriffen werden und ggfs. auch weitere Behandlungsvarianten geprüft werden.

8. Zusammenfassung

In dem Projekt SiLu wurden in vier Versuchsjahren Daten zur Blattrandkäferaktivität sowie den auftretenden Schäden in Lupinen gesammelt. Aus den Sammeldaten wurde ein Modellansatz entwickelt, welcher erstmals einen optimierten Behandlungszeitpunkt definiert. Der richtige Zeitpunkt der Insektizidapplikation ist die Grundlage für eine effektive Bekämpfung der Blattrandkäfer. In zukünftigen Versuchen wird das Entscheidungshilfesystem SIMSILU erprobt, dabei werden unterschiedliche Präparate getestet.

In Fütterungsversuchen unter Laborbedingungen konnte gezeigt werden, dass NeemAzal eine fertilitätseinschränkende Wirkung auf *S. gressorius* hat. In Freilandversuchen muss diese Wirkung bestätigt werden.

9. Literaturverzeichnis

- Andersen T (1938) Die Lupinenblattrandkäfer *Sitona griseus* F. und *Sitona gressorius* F. Z Angew Entomol 24, 325-356.
- Ansari MA, Shah FA & Butt TM (2008) Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, control. Ent Exp Appl 129, 340–347.
- Avis TJ, Gravel V, Antoun H & Tweddell RJ (2008) Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. Soil Biol Biochem 40, 1733–1740.
- Böhm H (2009) Grain legumes – state of knowledge and need for future research from the view of organic farming. J Kulturpfl 61, 324–331.
- BVL – Online-Datenbank Pflanzenschutzmittel, Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutz-mittel. Zugriff 8. Feb. 2019.
- Campos EVR, de Oliveira JL, Pascoli M, de Lima R & Fraceto LF (2016) Neem Oil and Crop Protection: From now to the Future. Front Pl Sci 7, 1494.
- Cook SM & Pickett JA (2007) Pushing insects around: the use of ‘push-pull’ strategies in integrated pest management. Annu Rev Entomol 52, 375–400.
- French KE (2017) Engineering mycorrhizal symbioses to alter plant metabolism and improve crop health. Front Microbiol 8, 1403.
- Hatcher P (1995) Three-way interactions between plant pathogenic fungi, herbivorous insects and their host plants. Biol Rev 70, 39-694.

- Hirsch J & Reineke A (2014) Efficiency of commercial entomopathogenic fungal species against different members of the genus *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory and semi-field conditions. *J Plant Dis Protect* 121, 211–218.
- Haukeland S & Lola-Luz T (2010) Efficacy of the entomopathogenic nematodes *Steinernema kraussei* and *Heterorhabditis megidis* against the black vine weevil *Otiorhynchus sulcatus* in open field-grown strawberry plants. *Agricultural and Forest Entomology* 12, 363–369.
- Hurej M, Twardowsky JP & Kozak M (2013) Weevil (Coleoptera: Curculionidae) assemblages in the fields of narrow-leaved lupin sown as pure stand and intercropped with spring triticale. *Zemdirbyste-Agriculture* 100, 393–400.
- Isman M (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu Rev Entomol* 51, 45–66.
- Kaufmann K, Ströcker K, Wendt S, Bellmann D, Struck C, Kirchner WH & Schachler B (2011) Blattrandkäferbefall an Lupinen – Ertragsbeeinflussung und Wirtspräferenzen der Lupinenblattrandkäfer *Sitona gressorius* und *S. griseus*. 61. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, Raumberg-Gumpenstein, 105–108.
- Lohaus K & Vidal S (2010) Abundance of *Sitona lineatus* L. (Col., Curculionidae) in peas (*Pisum sativum* L.): Effects on yield parameters and nitrogen balance. *Crop Protection* 29, 283–289.
- Lucas MM, Stoddard FL, Annicchiarico P, Frías J, Martínez-Villaluenga, C, Sussmann D et al. (2015) The future of lupin as a protein crop in Europe. *Front Plant Sci* 6, 705.
- Parker JE, Crowder DW, Eigenbrode SD & Snyder WE (2016) Trap crop diversity enhances crop yield. *Agr Ecosys Environ* 232, 254–262.
- Racca P, Kleinhenz B, Zeuner T, Keil B, Tschöpe B & Jung J (2011) Decision Support Systems in Agriculture: Administration of Meteorological Data, Use of Geographic Information Systems (GIS) and Validation Methods in Crop Protection Warning Service. In: Efficient Decision Support Systems - Practice and Challenges From Current to Future. Ed. Chiang Jao. Intech, open access. DOI: 10.5772/682.
- Reineke A & Hauck M (2012) Efficiency of NeemAzal-T/S against different developmental stages of the Black Vine Weevil *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius 1775) (Coleoptera: Curculionidae). *Mitt Dt Ges Allg Angew Entomol* 18, 487–490.
- Rondot Y & Reineke A (2017) Association of *Beauveria bassiana* with grapevine plants deters adult black vine weevils, *Otiorhynchus sulcatus*. *Biocontrol Sci Technol*. DOI: 10.1080/09583157.2017.1347604.
- Römer P (2007) Lupinen – Verwertung und Anbau. Gesellschaft zur Förderung der Lupine e. V., 5. Aufl.
- Rotrekl J & Cejtchaml J (2008) Control by seed dressing of leaf weevils of the genus *Sitona* (Col.: Curculionidae) feeding on sprouting alfalfa. *Plant Protect. Sci.* 44, 58–64.
- Saravanakumar K, Li Y, Yu C, Wang Q-Q, Wang M, Sun J, Gao J-X & Jie C (2017) Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of Fusarium Stalk rot. *Sci Rep* 7: 1771.
- Schnell W (1954) Biozönotische Untersuchungen über Rüsselkäfer der Leguminosenkulturen. Dissertation, Christian-Albrechts-University, Kiel.
- Seidenglanz M, Rotrekl J, Smýkaloá I, Poslušná J & Kolařík P (2010). Differences between the effects of insecticidal seed and foliar treatments on pea leaf weevils (*Sitona lineatus* L.) in the field pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Protect. Sci.* 46, 19–27.
- Shelton AM & Badenes-Perez FR (2006) Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annu Rev Entomol* 51, 285–308.
- Silva G & De Oliveira A (1959) Experiments on control of the pests of the yellow lupin. *Agron Lusit* 21, 43–74.
- Ströcker K, Kaufmann K, Schachler B & Struck C (2012) Influence of insect herbivory on yield and infestation by lupin weevils (*Sitona spec.*) on different lupin genotypes. In: Lupin crops – an opportunity for today, a promise for the future. Eds.: Naganowska, B.; Kachlicki, P. & Wolko, B. Proc. 13th Int. Lupin Conf., Poznan, Poland. 262–286.
- Ströcker K & Struck C (2012) Schädlinge in Körnerleguminosen. *Raps* 2/2012, 55–57.

Ströcker K, Wendt S, Kirchner WH & Struck C (2013) Feeding preferences of the weevils *Sitona gressorius* and *Sitona griseus* on different lupin genotypes and the role of alkaloids. *Arthropod-Plant Inte* 7, 579-589.

Thalmann R., Kaufmann K & Struck C (2008). Schwarze Wurzelfäule bei Blauen Lupinen - frühzeitige und spezifische Detektion des Erregers *Thielaviopsis basicola*. *Gesunde Pflanzen* 60, 67-75.

Thalmann R & Struck C (2008) Detection and identification of seed- and soil-borne plant pathogenic fungi in lupins. *Mitt Biol Bundesanstalt* 417, 146.

Vankosky MA, Carcamo HA & Dosdall LM (2011) Identification of potential natural enemies of the pea leaf weevil, *Sitona lineatus* L. western Canada. *J Appl Entomol* 135, 293-301.

Velázquez de Castro A, Alonso-Zarazaga M & Outelero R (2007) Systematics of Sitonini (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae), with a hypothesis on the evolution of feeding habits. *Syst Entomol* 32, 312-331.

Wysocki W (1982) Wyniki badań nad szkodliwością oprzędzika wielkiego (*Sitona grisea* F.) dla lubinu. *Rocz Nauk Roln* E 12, 73-83 (polnisch mit englischem Abstract).

Zachow C, Berg C, Müller H, Monk J & Berg G (2016) Endemic plants harbour specific *Trichoderma* communities with an exceptional potential for biocontrol of phytopathogens. *J Biotechnol* 235, 162-170.

Zander, Peter; Amjath-Babu, T. S.; Preissel, Sara; Reckling, Moritz; Bues, Andrea; Schläfke, Nicole et al. (2016): Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. In: *Agron. Sustain. Dev.* 36 (2), S. 171.

Zehnder G, Gurr GM, Kühne S, Wade MR, Wratten SD & Wyss E (2007) Arthropod pest management in organic crops. *Annu Rev Entomol* 52, 57-80

10. Veröffentlichungen der Projektteilnehmer

PAAK M-L, KNIPPING M, SCHMITT J, SCHMITT G, BEYER A, KLEINHENZ B, STRUCK C (2018). Kontrolle von Blattrandkäfern im integrierten und ökologischen Lupinenanbau. *Julius-Kühn-Archiv* 461, 325

LÜDTKE J, KNIPPING M, PAAK M-L, HUMMEL E, STRUCK C (2018). Wirkungsweise von NeemAzal-T/S auf den Großen Lupinenblattrandkäfer (*Sitona gressorius*). *Julius-Kühn-Archiv* 461, 488-489.

Vorträge:

- Jahrestagung der Gesellschaft zur Förderung der Lupine, 2016 und 2019
- „Lupinentag in Bocksee“ Biopark Ökologischer Landbau, Nov. 2017
- Ackerbautagung Nord-Ost, Naturland e.V., Feb. 2019
- verschiedene Feldtage der GFL und des Lupinennetzwerkes in den Jahren 2015-2018.